Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 25 (1981): 125-134

BEOBACHTUNGEN ZUR ÖKOLOGIE DER WECHSELKRÖTE — *BUFO VIRIDIS* LAURENTI 1768 — DER BALEAREN (AMPHIBIA, ANURA, BUFONIDAE)[1].

HELMUT HEMMER[2] und KARL KADEL[3]

ZUSAMMENFASSUNG. Wesentliche, die Populationsdynamik bestimmende Parameter der larvalen Entwicklung, nämlich Individuendichte-Empfindlichkeit und Entwicklungsdauer, stimmen bei der Wechselkröte (*Bufo viridis*) Mallorcas mit mitteleuropäischen Wechselkröten überein. Sie erscheinen somit artspezifisch und nicht während der erst einige tausend Jahre langen Ansässigkeit auf den Balearen adaptiv verändert. Auch die Habitat- und Laichplatzwahl steht im Rahmen des von dieser Krötenart in ihrem riesigen Verbreitungsgebiet zwischen Mitteleuropa und Zentralasien Bekannten. Die Wechselkröte ist in den bewässerten Anbaugebieten Mallorcas, in denen sie ursprünglich sehr häufig vorkam, mittlerweile stark zurückgegangen. Restpopulationen haben sich besonders in trockenen Ödlandgebieten erhalten, an deren Gewässersituation sie allerdings nur mäßig adaptiert sind.

RESUM. Els paràmetres bàsics del desenvolupament larvari són els mateixos en els calàpets verds (*Bufo viridis*) de Mallorca i d'Europa Central. Els factors que tenen una posició clau per a la dinàmica de les poblacions són la sensibilitat d'agregació i la taxa de desenvolupament. Obviament, són específics de les espècies i no han sofert canvis adaptatius durant els només alguns milenars d'anys de residència de *Bufo viridis* a les Baleares. L'elecció d'hàbitat i de lloc de fresa coincideixen amb les costums d'altres poblacions a l'àrea extensa entre Europa Central i Àsia Central. El nombre de calàpets verds ha minvat amplament en les darreres dècades a les àrees irrigades de Mallorca. Poblacions relictes disperses sobreviuen a la màquina seca, on les aigües no són massa favorables per a l'adaptació ecològica de l'espècie.

---

1 Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (He 1161/1).
2 Institut für Zoologie, Johannes-Gutenberg-Universität, Saarstrasse 21, D-6500 Mainz.
3 Andreas-Hofer-Straßse 8, D-6780 Pirmasens.

SUMMARY. Basic parameters of larval development are the same in green toads (*Bufo viridis*) of Mallorca as in Central European green toads. These factors that take key position for population duynamics are crowding sensibility and rate of development. Obviously they are species-specific and have not undergone adaptive changes during the only some thousand years old residence of *Bufo viridis* on the Balearic islands. The choice of habitat and spawning place coincides with the habits of other populations in the huge area between Central Europe and Central Asia too. The number of green toads in the irrigated area of Mallorca largely diminished in the last decades. Scattered relic populations survived in the dry macchia where the waters are not very favourable for the species' ecological adaptation.

EINLEITUNG

Wie der Wasserfrosch (*Rana perezi*), so erwie sich auch die Wechselkröte (*Bufo viridis*) Mallorcas bei biochemischen Untersuchungen als nicht der autochthonen Balearenfauna zugehörig, sondern als offensichtlich durch den Menschen hierher verbracht (HEMMER, KADEL & KADEL 1981). Dies mag zur Zeit der Talayot-Kultur geschehen sein, liegt doch aus dieser Phase der Subfossilnachweis der Art von Mallorca vor (ALCOVER, schriftl. Mitt.; der von SANCHIZ, 1977, als pleistozän eingestufte Fund stammt aus einer pleistozän-holozänen Mischaufsammlung). Da die Wechselkröte damit erst wenige Jahrtausende auf den Balearen ansässig ist, bietet sie eine gute Gelegenheit zum Studium eventueller ökologischer Adaptation innerhald einer für das evolutive Alter einer Amphibienart äußerst kurzen Zeitspanne.

Die Überlebensfähigkeit metamorphosierter Kröten wird durch die abiotischen Faktoren Temperatur, Feuchte, Boden– und Gewässerbeschaffenheit, durch das Nahrungsangebot und durch den Prädationsdruck bestimmt. Entscheidend für die Populationsentwicklung ist darüber hinaus der sehr umweltempfindliche embryonale und larvale Abschnitt des Lebens, der von Gewässerstabilitat, Wasserqualität, Temperatur, Licht, Nahrungsangebot, Prädation und dem Masseneffekt (Crowding) der Kaulquappen selbst gesteuert wird. Dieser Crowding-Effekt erscheint als ein Mechanismus, der die Dichte und Entwicklungsgeschwindigkeit der larvalen Population mit dem Fortpflanzungspotential der Adultpopulation koppelt, der also für die gesamte Populationsdynamik von wesentlicher Bedeutung sein kann (KADEL 1975).

Zur Beurteilung eventuellen Wandels ökologischer Adaptationen der Balearen-Wechselkröte im Vergleich zu Wechselkröten anderer Herkunft ist daher das Studium der larvalen Entwicklungsgeschwindigkeit und des Crowding-Effektes neben Beobachtungen am Laichgewässer von besonderem Interesse.

MATERIAL UND METHODE

Bei einem Aufenthalt auf Mallorca Anfang April 1980 konnten trotz intensiver Suche, teilweise unter Einschaltung der lokalen Dorfbevölkerung, lediglich 2 nahe beieinander liegende Laichplätze der Wechselkröte entdeckt werden, von denen einer zahlreiche Larven einheitlicher Entwicklungsstufe enthielt.[4].

Von diesen in den ersten Larvalstadien befindlichen Kaulquappen (Gesamtlänge um 17 - 18 mm) wurden 60 am Vorabend der Abreise entnommen und bereits am Folgeabend in die Versuchswannen eingesetzt. Die Aufzuchttemperatur wurde bei 17-18° C gewählt, um zum einen die Temperatur der Embryonalentwicklung fortzusetzen (zur Entnahmezeit Wassertemperatur 19° C), und zum anderen in den Bereich bei mitteleuropäischen Weschselkröten stark verlängerter Larvalentwicklung (HEMMER & KADEL 1973, Abb. 2) zu kommen, um eventuelle Parallelbefunde zu erhalten. Die Verteilung der Larven auf Zuchtgefäße mit je 6 l Wasser und die weitere Aufzucht (Belüftung, Fütterung, Wasserwechsel) wurde entsprechend dem von KADEL (1975) beschriebenen Vorgehen vorgenommen (hier Stufen zu 1, 5, 10, 15 und 20 Larven).

ERGEBNISSE

HABITAT

In der bewässerten Kulturlandschaft im Hinterland der Bucht von Palma, in der die Typuslokalität von *Bufo viridis balearicus* (BOETTGER, 1880) zu suchen ist, und in der die Wechselkröte gegen Ende des 19. Jahrhunderts in und um die Bewässerungssysteme sehr häufig gewesen sein soll (BOETTGER, 1881), ist die Art derzeit offensichtlich zu einer seltenen Ausnahmeerscheinung geworden. Ältere Dorfbewohner (Sant Jordi) erinnern sich, daß sie in ihrer Jugend wohl noch häufig war, heute aber kaum mehr zu finden ist. Über Laichplätze ist der lokalen Bevölkerung offenbar nichts bekannt. Nur einzelne Exemplare scheinen noch verstreut um die Bewässerungsanlagen vorzukommen.

4 Für entscheidende Hilfe bei der Suche nach und dem Auffinden von Laichplätzen danken die Verfasser den Herren J. A. ALCOVER (Ciutat de Mallorca) und J. MUNTANER (C'an Pastilla), sowie A. G. CANTALLOPS (Ciutat de Mallorca), der unermüdlich bei der Knüpfung von Kontakten beteiligt war.

Die Verfasser fanden die Wechseldröte einzig etwas weiter im Landesinnern in trockener, steinig-felsiger Macchienlandschaft an 2 nahe beieinander liegenden Laichplätzen. Arthropoden- und Molluskennahrung dürfte hier in ausreichendem Maße verfügbar sein. Die Untersuchung des von 4 gefangenen adulten Exemplaren abgesetzten Kotes erbrachte einige Gehäuse von kleinen Landschnecken und Reste von Rollasseln. Das Fehlen von Insektenresten dürfte wohl mehr an der Zufälligkeit der Stichprobe als an mangelndem Angebot liegen.

Laichgewässer

Rufende Kröten wurden in einem künstlich argelegten, nur flach mit Wasser gefüllten Weiher in einer kleinen Anlage angetroffen, Larven in einem kleinen, wannenartig in den Fels eingetieften Tümpel mit ziemlich dichtem Pflanzenbewuchs, dessen Wasservolumen zwischen 1 und 2 m^3 liegen sollte (Abb. 1). Die Wassertemperatur lag dort bei 19° C, pH um 6,5 – 7,



Abbildung 1: Felswannentümpel im trockenen Ödland Mallorcas mit zahlreichen Larven von *Bufo viridis*.

Härte zwischen 8 und 14° d, Salzgehalt nach Leitfähigkeitsmessung um 0,2‰. In beiden Gewässern fehlte ein flacher Uferstreifen. Unmittelbar neben dem letztgenannten Kleintümpel wurde unter einem großen Brett eine große männliche Kröte angetroffen.

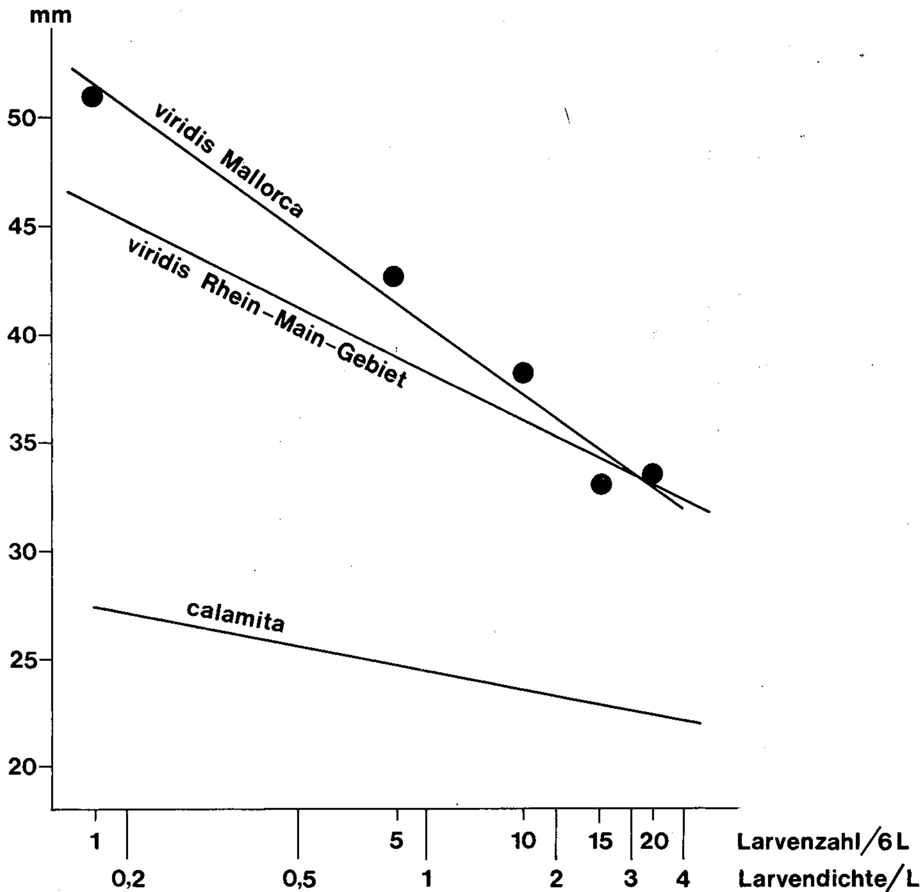


Abbildung 2: Bestimmung des larvalen Wachstums durch den Crowding-Effekt: Larvenlänge im Metamorphoseklimax bei *Bufo viridis* aus Mallorca (= Mittelwerte der einzelnen Versuchswannen) und aus dem Rhein-Main-Gebiet Mitteleuropas, sowie vergleichend bei *Bufo calamita* (für die beiden letzteren Serien nur Regressionsachsen).

Crowding-Effekt

Die Individuendichteabhängigkeit des Längenwachstums der Mallorca-Wechselkrötenlarven kann derjenigen mitteleuropäischer Wechselkröten als gleich angesehen werden. Die Längenmittelwerte im Metamorphoseklimax bzw. der fertig metamorphosierten Jungkröten unterscheiden sich bei den vergleichbaren Larvenzahlen pro Versuchswanne nicht signifikant (t-Test). Der Vergleich beider mit der Regressionsachse der verwandten Art *Bufo calamita* verdeutlicht die interspezifischen Unterschiede (Abb. 2, 3).

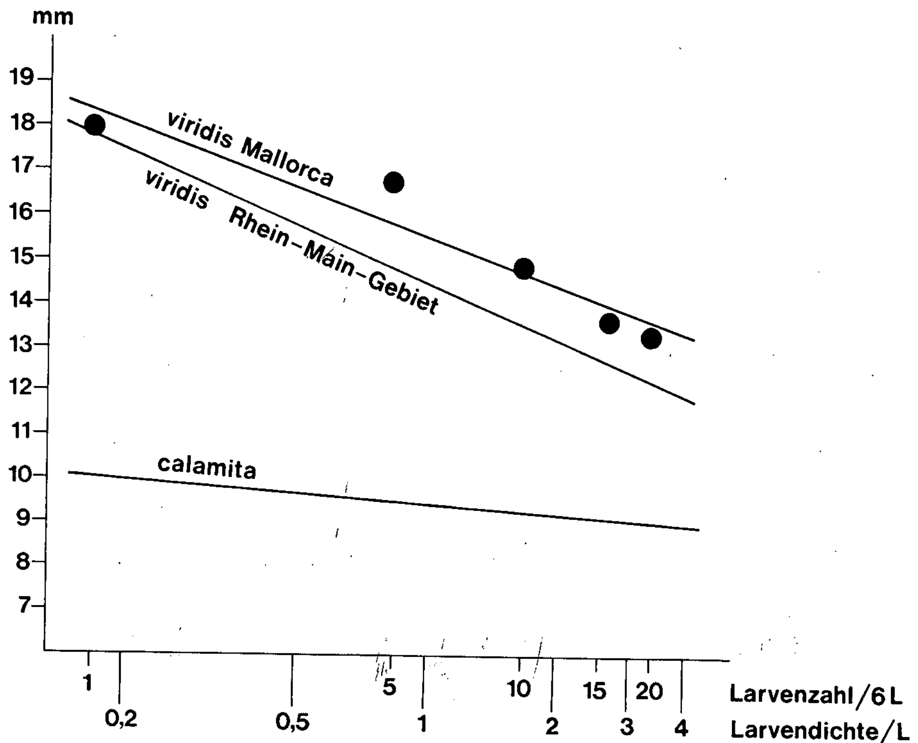


Abbildung 3: Bestimmung des larvalen Wachstums durch den Crowding-Efferkt: Körperlänge der Jungkröten unmittelbar nach Abschluß der Metamorphose. Erklärung sonst wie für Abbildung 2.

ENTWICKLUNGSDAUER

Die Gesamtentwicklungsdauer bei der Aufzuchttemperatur 17-18° C läßt sich nur auf indirektem Weg erschließen, fehlt doch die Zeit des ersten, im Freiland durchlaufenen Abschnittes. Von WETZEL (1971) bei höherer Larvendichte vorgenommene Studien zur Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer mitteleuropäischer Wechselkröten lassen für die hier verwendete Temperaturstufe eine Gesamtzeit bis zur Metamorphose (mittlerer Metamorphosetag) in der Größenordnung um 90 Tage erschließen. Von KAURI (1959) publizierte Angaben für nordeuropäische Wechselkröten stimmen damit prinzipiell überein. Bis zur Gesamtlänge von 17-18 mm, mit der die Larven der Balearen-Wechselkröte in den Versuch kamen, sollten, ebenfalls Daten bei WETZEL (1.c.) zufolge, etwa 20 Tage verstrichen sein. Der mittlere Metamorphosetag der Kaulquappen von Mallorca ab dem Einsetzen in die Crowding-Versuche ist mit der Larvendichte korreliert. Bei doppelt-logarithmischer Verrechnung (Potenzfunkion, r= 0,92) erschließt sich so für die von WETZEL benutzte Larvendichte eine Entwicklungspanne von etwa 65 – 66 Tagen. Unter Hinzufügung einer vorherigen Entwicklungszeit von etwa 20 Tagen ergibt sich damit gerade die für mittel- und nordeuropäische Wechselkröten gültige Größenordnung der Entwicklungsdauer bis zum Abschluß der Metamorphose. Die Mallorca-Kröten unterscheiden sich also von den letzteren hinsichtlich dieses Merkmals offensichtlich nicht. Damit ist auch für sie von der für andere Populationen der Art *Bufo viridis* gefundenen Grenztemperatur zur erfolgreich abgeschlossenen Larvalentwicklung von etwa 15°C auszugehen.

DISKUSSION

Die wesentlichen, über die Larvalentwicklung die Populationsdynamik bestimmenden physiologisch-ökologischen Parameter der Wechselkröte haben offenbar seit der antropogenen Besiedlung der Balearen durch diese Krötenart keine adaptive Veränderung erfahren. Dies konnte solange für die Häufigkeit auf Mallorca keinen hinderlichen Einfluß haben, solange in den Niederungsgebieten in ausreichendem Maß einige Monate Bestand habende Grundwassertümpel existierten oder solange die Bewässerungsbassins der Gemüseanbaugebiete als Laichplätze verfügbar waren, in denen BOETTGER (1881) und VIDAL (1966) die Zentren der Wecheselkröten-Populationsentwicklung sahen. Im Gegensatz zur zweiten europäischen Grünkrötenart, *Bufo calamita,* zeichnet sich *Bufo viridis* nämlich durch eine Anpassung an die Entwicklung in längere

Zeit beständigen, einen gewissen Prädationsdruck beinhaltenden Gewässern aus (HEMMER & KADEL 1963).

Gerade in den bewässerten Zonen Mallorca ist die Art heute offensichlich außerordentlich selten geworden und mag hier vor dem totalen Verschwinden stehen. Über die hierfür verantwortlichen Faktoren kann derzeit mehr spekuliert werden, als gesicherte Feststellungen möglich wären. Im unmittelbaren Küstenbereich spielt sicher die fortschreitende Versalzung des Grundwassers die entscheidende Rolle, die auch den Wasserfrosch (*Rana perezi*) aus den Bewässerungsbassins verdrängt (HEMMER & KADEL 1980). Da im küstenferneren Gebiet zwar der weitgehend an die Bassins gebundene Frosch überlebte, nicht aber die außerhalb der Laichzeit weiter in der Feldlandschaft vagabundierende Kröte, sind die ihren Bestand bedrohenden Fraktoren nicht im Rahmen der Bewässerungsanlagen selbst zu sehen.

Sie sollten also im Bereich der bewässerten Kulturen im weiteren Umkreis der Bassins zu suchen sein. In Frage kommen zunächst vor allem ein verstärkter Einsatz von Pestiziden auf diesen Flächen, fermer im Ackerbau die mit zunehmender Mechanisierung einhergehende Umstellung der Erntemethoden, die in den Feldern streifenden Kröten in dieser Zeit verminderte Überlebensaussicht bringt. Es ist weiterhin nicht auszuschließen, daß auch eine ausgesprochene Furcht oder Negativeinstellung in der ländlichen Bevölkerung zum Rückgang der Kröten in der intensiv bearbeiteten Kulturlandschaft beigetragen hat. Kröten werden teilweise ganz allgemein als gefährlich, weil giftig, eingeschätzt. Teilweise heißt es, sie seien zumindest während zweier Monate im Jahr giftig, und schließlich werden sie teilweise als für die in den Fincas gehaltenen Rinder als giftig eingestuft. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß hinter den beiden letztgenannten Vorstellungen eine während der Laichzeit der Kröten (nach VIDAL, 1966, auf Eivissa etwa 2 Monate, von März bis Mai) gemachte reale Erfahrung steht. Eigene Beobachtungen in unmittelbarer Nähe der kleinen Ausflußbecken der Bewässerungsbassins oder der Bewässerungskanäle weidender Rinder lassen es nicht unmöglich erscheinen, daß dort abgelegte oder mit dem Wasser dorthin ausgeschwemmte Krötenlaichschnüre einmal zufällig von dort trinkenden Rindern mit dem Wasser aufgenommen werden. Erfahrungen an Seelöwen im Zoo Dresden (BERGER 1963) deuten an, daß möglicherweise schon verschluckter Wechselkrötenlaich ohne das Fressen von Kröten selbst zum Tode führende Vergiftungswirkung haben kann.

Alle diese Faktoren sollten den Bestand der Wechselkröte in der nicht landwirtschaftlichen bearbeiteten, trockenen Macchienlandschaft kaum beeinflussen. Hier erweist sich jedoch die offensichtlich im gesamten riesigen Ver-

breitungsgebiet von Mitteleuropa (z. B. HEMMER & KADEL 1970, 1971, 1973) bis Mittelasien (HEMMER 1976) gleiche, d. h. artspezifische, ökologische Adaptation von *Bufo viridis* als einer dauerhafter Bestandssicherung hinderlich. Künstliche Teiche sind in dieser Landschaft kaum vorhanden und dann entweder für eine Vollendung der Larvalentwicklung zu rasch ausgetrocknet oder zu klein. So war der Anlagenweiher, an dem im Rahmen dieser Studie Laichplatzaktivität beobachtet wurde, bereits Ende Mai ganz trockengefallen (ALCOVER, schriftl. Mitt.). Der kleine Felswannentümpel, in dem Mitte April Kaulquappen in großer Zahl angetroffen wurden, sollte schon mit den Larven einer einzigen Laichschnur Crowding-Probleme mit sich bringen. Eine Wassermenge von 1 – 2 m^3 und eine Larvenzahl von 10.000 – 20.000 (zur Körpergrößenabhängigkeit der Eizahlen vgl. HEMMER & KADEL 1971) bedeutet un 10 Larven /l, was bei der Wechselkröte im offenen Wasser schon den Grenzbereich der Entwicklungsmöglichkeit darstellt (KADEL 1975). Eine Ablage mehrerer Laichschnüre in ein solches Kleinstgewässer dürfte eine abgeschlossene Entwicklung für die meisten Larven wirksam verhindern. So ist unter den aktuellen Bedingungen solcher Habitate nur unter besonders günstigen Umständen mit dem Zustandekommen von Populationswellen zu rechnen, die ab und zu sonst sehr ausgedünnte Populationen stützen können. Das Überleben der an eine solche Situation sehr viel schlechter als die Kreuzkröte (*Bufo calamita*) adaptierten Wechselkröte ist hier in hohem Maß Zufälligkeiten ausgesetzt. Das Zurückdrängen von *Bufo viridis* aus den bewässerten Anbaugebieten in die trockenen Ödländer mit nur temporären oder nur sehr kleinen Wasserstellen bringt das Überleben der Art auf den Balearen also auf jeden Fall in Gefahr. Die Folgen müssen nicht unbedingt fatal sein, dürften es aber je nach spezieller klimatischer Situation leicht werden können.

Der Mensch erweist sich damit als der für das Vorkommen der Balearen-Wechselkröte insgesamt entscheidende Faktor. Er brachte die Art vor Jahrtausenden auf diese Inseln, wo sie offensichtlich in der zunächst vom Menschen kaum veränderten Naturlandschaft günstige Bedingungen vorfand. Schließlich schuf der Mensch mit seinen Bewässerungswerken noch verbesserte Voraussetzungen zur larvalen Entwicklung, die in den Anbaugebieten große Häufigkeiten ermöglichten. Zuletzt wurde diese Umwelt für die erwachsenen Kröten im Zuge der mit der modernen Landwirtschaft verbundenen Umstellungen feindlich, die Populationen dünnten zunehmend aus und erhielten sich nur noch im Ödland, wo die artspezifische Adaptation situationsbedingt am Versagen ist. Einer eventuellen Wiederausbreitung von dort aus in das Inselinnere, wie sie bei der sehr hohen Vagilität der Wechselkröte er-

wartet werden sollte, stehen in den Obstbaugebieten Mallorcas die wiederum vom Menschen errichteten, in der Regel zwischen 0,75 und 1,50 m hohen Mauern hinderlich im Wege, die mit häufig glatter Krone und dichter Staffelung hintereinander ein beachtenswertes Barrieresystem bilden.

LITERATUR

BERGER, G. (1963): Vergiftungen bei Seelöwen (*Zalopus californianus* LESSON) durch Krötengift. D. *Zool. Garten (NF)* 27: 212-224.

BOETTGER, O. (1880): Neue Krötenvariatät von den Balearen. *Zool. Anz.* 72: 642-643.

BOETTGER, O. (1881): Beitrag zur Kenntnis der Reptilien und Amphibien Spaniens und der Balearen. *Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges.* 12: 371-392.

HEMMER, H. (1976): Beobachtungen an mittelasiatischen Wechselkröten (*Bufo viridis* ssp.). *Salamandra* 12: 140-158.

HEMMER, H. & KADEL, K. (1970): Zur Laichplatzwahl der Kreuzkröte (*Bufo calamita* LAUR.) und der Wechselkröte (*Bufo viridis* LAUR.). *Aquaterra* 7: 123-127.

HEMMER, H. & KADEL, K. (1971): Untersuchungen zur Laichgröße nebst Bemerkungen zur Populationsdynamik der Kreuzkröte (*Bufo calamita* LAUR.) und der Wechselkröte (*Bufo viridis* LAUR.). *Zool. Beitr. N.F.* 17: 327-336.

HEMMER, H. & KADEL, K. (1973): Beobachtungen zur ökologischen Adaptation bei der Ontogenese der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) und der Wechselkröte (*Bufo viridis*). *Salamandra* 9: 7-12.

HEMMER, H. & KADEL, B. (1980): Studien am Wasserfrosch – *Rana perezi* (SEOANE 1885) – der Balearen (Amphibia, Anura, Ranidae). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 24: 55-70.

HEMMER, H., KADEL, B. & KADEL, K. (1981): The Balearic toad (*Bufo viridis balearicus*) (BOETTGER, 1881), human bronze age culture and Mediterranean biogeography. *Amph.- Rept.* 2: 217-230.

KADEL, K. (1975): Studien zur gegenseitigen Wachstumsbeeinflussung bei Larven von *Bufo calamita, Bufo viridis* und *Bufo bufo* im Hinblick auf ihre ökologische Bedeutung. Diss. Universität Mainz.

KAURI, H. (1959): Die Rassenbildung bei europäischen *Rana*-Arten und die Gültigkeit der Klimaregeln. *Ann. Soc. Tart. Nat. Invest. Const., Ser. nov.,* 2: 1-172.

SANCHIZ, F. B. (1977):Catálogo de los anfibios fósiles de España (Noviembre de 1977). *Acta Geol. Hispan.* 12: 103-107.

VIDAL, A. (1966): Estudio biológico de las islas Pitiusas: Anfibios. *P. Inst. Biol. Apl.* 40: 81-112.

WETZEL, M. (1971): Vergleichende Untersuchungen äber die Abhängigkeit der Larvalentwicklung bei *Bufo calamita* und *Bufo viridis* von Temperatureinflüssen. Examensarbeit Universität Mainz (Manuskript).